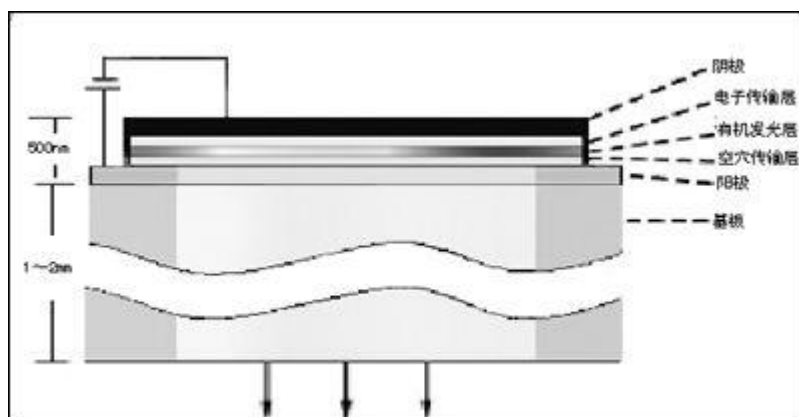


OLED 原理特点及其发展现状



图是一个简单的 OLED 器件结构示意图。

有机发光显示器（Organic Light-Emitting Diode Display, OLED）具有视角宽、成本低、厚度薄、响应速度快、对比度高、可实现软屏显示等优点，在多元化的平板显示器市场中被视为极具发展前途的新型显示产品。市场研究公司 iSuppli 认为，OLED 显示器市场正在发生重大变化，它在产品与应用方面取得的进步，正在为销售的强劲增长铺平道路。

OLED 技术的原理与特点

OLED 的原理

OLED 是指在电场驱动下，通过载流子注入和复合导致发光的现象。其原理是用 ITO 玻璃透明电极和金属电极分别作为器件的阳极和阴极，在一定电压驱动下，电子和空穴分别从阴极和阳极注入到电子和空穴传输层，然后分别迁移到发光层，相遇形成激子使发光分子激发，后者经过辐射后发出可见光。辐射光可从 ITO 一侧观察到，金属电极膜同时也起了反射层的作用。

OLED 的分类

根据使用有机功能材料的不同，OLED 器件可以分为两大类：小分子器件和高分子器件。小分子 OLED 技术发展得较早（1987 年），而且技术已经达到商业化生产水平。高分子 OLED 又被称为 PLED（Polymer LED），其发展始于 1990 年，由于聚合物可以采用旋涂、喷墨印刷等方法制备薄膜，从而有可能大大降低器件生产成本，但目前该技术远未成熟。

根据驱动方式的不同，OLED 器件也可以分为无源驱动型（Passive Matrix, PM, 亦称被动驱动）和有源驱动型（Active Matrix, AM, 亦称主动驱动）两种。无源驱动型不采用薄膜晶体管（TFT, Thin Film Transistor）基板，一般适用于中小尺寸显示；有源驱动型则采用 TFT 基板，适用于中大尺寸显示，特别是大尺寸全彩色动态图像显示。目前，无源驱动型 OLED 技术已经比较成熟，商业化的产品绝大部分是无源驱动型；有源驱动型 OLED 技术发展很快，但还需要一定时间才能大批量推出商用产品。

根据使用基板的材质不同，OLED 器件可以分为硬屏和软屏。与用玻璃作为基板的普通

OLED 显示器相比，柔软 OLED（Flexible OLED，FOLED）显示器有许多优势：可卷曲和折叠、更轻更薄、防撞击等。全球许多研发机构和企业加大了对 OLED 柔软显示器的研发，但目前只有美国的 UDC、日本的东北先锋等为数不多的研发机构或公司推出了柔软 OLED 样品，以清华大学技术为基础的北京维信诺公司已于 2003 年 11 月 23 日推出了我国内地首款单色点阵柔软 OLED 显示屏。

OLED 的特点

有机发光显示器件之所以受到人们的青睐，是因为其与 LCD 为代表的第二代显示器相比，有着突出的技术优点：

- 具有低成本特性，工艺简单，使用原材料少；
- 具有自发光特性，不需要背光源；
- 具有低压驱动和低功耗特性，直流驱动电压在 10 伏以下，易于用在便携式移动显示终端上；
- 具有全固态特性，无真空腔，无液态成份，机械性能好，抗震动性强，可实现软屏显示；
- 具有快速响应特性，响应时间为微秒级，比普通液晶显示器响应时间快 1000 倍，适于播放动态图像；具有宽视角特性，上下、左右的视角接近 180 度；
- 具有高效发光特性，可作为新型环保光源；
- 具有宽温度范围特性，在零下 40 摄氏度至零上 85 摄氏度范围内都可正常工作；
- 具有高亮度特性，显示效果鲜艳、细腻。

OLED 技术的发展

有机发光显示技术在过去十多年的时间里取得了巨大的进展。在发光效率方面，OLED 远远高于 PDP、CRT 的水平，目前荧光小分子器件的发光效率已经超过 16lm/W，而磷光小分子器件的发光效率则已接近 30lm/W，绿光器件的寿命达到了 1 万小时以上，红光器件和蓝光器件的寿命也已达到实用化的基本要求。能够推出全彩色 OLED 的公司和研究单位越来越多，采用低温多晶硅 TFT 驱动的全彩色器件也已经被开发出来；白光 OLED 得到了广泛的重视，目前的白光实验片可以在 100cd/m² 的亮度下保持 10 万小时之久。

OLED 近期的技术发展方向是解决器件的成品率、寿命和彩色化问题。从长远来看，OLED 未来的发展必将沿着小尺寸—中尺寸—大尺寸—超大尺寸、单色—多色—彩色、无源—有源、硬屏—软屏的脉络进行发展，最理想的 OLED 显示器应该是 LTPS-TFT OLED。

据统计，目前国际上与 OLED 有关的专利已经超过 6000 份，其中最根本的专利技术有两类。小分子材料和器件的基本专利由美国 Kodak 公司所有，高分子材料和器件的专利由英国 CDT 公

公司和已被杜邦收购的 Uniax 公司拥有。此外，磷光材料和器件的开发也已取得突破，磷光材料的主要专利由美国 UDC 公司所有。当前小分子 OLED 全彩产品已经问世，由于材料供应较为稳定，且不像 PLED 受限于彩色化困难的瓶颈，众多厂商以小分子 OLED 为主流技术。

OLED 的产业化现状

在量产技术逐渐成熟的情况下，OLED 产业将持续成长，世界各大光电厂商纷纷加入竞争行列。目前国际上从事有机发光显示研究开发及产业化的公司有 100 家以上，其中一部分公司已开始进行批量生产。欧美地区也有众多公司投入研发，如 CDT、Kodak、DuPont、UDC、eMagin、PHILIPS 等；在日本的主要公司包括三洋、东芝、东北先锋、索尼、精工爱普生等；韩国已有三星、LG 电子、现代电子等 10 余家企业宣布涉足 OLED 产业；我国台湾省也有铌宝、东元激光、友达、悠景等多家厂商投入到 OLED 产业。

我国有 30 多家科研机构和企业从事 OLED 的研发和产业化工作，主要包括清华大学、华南理工大学、吉林大学、上海大学、香港城市大学、长春光机所、北京化学所、北京维信诺公司、上海航天上大欧德公司、上海广电电子集团、广东信利公司、TCL 集团和五粮液集团等。其中，在从基础研究到工艺技术开发和中试生产的整个过程中，维信诺公司与清华大学一道建立了国内完善的 OLED 科研开发体系。维信诺公司与清华大学建立了联合实验室，并通过该实验室开发了大量的专利技术，到目前为止，已经申请了近 40 项国内外 OLED 专利，内容覆盖了材料、器件结构、器件工艺和驱动电路等。此外，维信诺公司和清华大学还积累了大量有关 OLED 研发和产品开发的 Know-how 技术。据悉，维信诺公司拥有我国内地第一条 OLED 中试生产线，开发出了多款产品，是目前我国内地第一家也是唯一一家能向客户批量提供自产 OLED 产品的厂家。维信诺公司目前正在紧锣密鼓地筹建 OLED 大规模生产线。

1998 年，日本先锋公司率先推出了 OLED 车载显示器；2000 年 9 月，Motorola 推出第一部采用 OLED 显示屏的手机；2001 年 12 月，铌宝公司推出了使用自产的单色 OLED 显示屏的手机产品；2002 年 9 月起，三星公司开始批量推出使用 256 色 OLED 副屏的手机；2003 年，柯达推出第一部使用 OLED 显示器的数码相机；2003 年下半年到现在，国内外有多家公司推出带有 OLED 显示模块的手机产品和 MP3 产品。

据市场调研公司 iSuppli 的数据显示，2003 年 OLED 显示器生产商共出货 1730 万个 OLED，其中东北先锋占据了 40% 的市场份额，三星（Samsung OLED）占据了 33%，铌宝占 23%，SKD 公司占约 2%，其余 2% 被其他公司分享。手机副屏和汽车立体声音响显示屏几乎垄断了 OLED 的应用市场，两者占到整个 OLED 产品应用市场 98.1% 的份额（出货量计），其他的应用包括数码相机、MP3 播放器、剃须刀、手机主屏和其他微显示产品等。2004 年，OLED 显示器生产商搭上数字随身听的顺风车，找到另一个 OLED 可以发挥的市场——微型便携数码市场。我国台湾省铌宝、悠景、东元激光等厂商，都已经出货给数字随身听业者。业者估计，今年全 OLED 出货 3000 多万片当中，七成是供给手机副屏用，三成是提供给数字随身听之用。

Display Search 认为，随着在材料研究、生产工艺、成本控制、市场应用等方面的进展，2003 年以后 OLED 市场的增长势头会更大，2008 年，OLED 市场将达到 35 亿美元（约合人民币 290 亿元），从 2003 年到 2008 年，平均年增长率达 68%。

OLED 的市场趋势

从 OLED 的发展趋势看，初期 OLED 将以单彩无源 PM-OLED 产品为主，主要应用在小型便携式产品上，如手机、PDA、掌上游戏机、车载显示器等，以发挥体积小功耗低的优势。2~3 年后，随着低温多晶硅技术的发展和完善，可生产 13~15 英寸乃至更大尺寸的有源 AM-OLED 显示屏，产品延伸至笔记本电脑、电视等领域。研究人员已用弯曲的塑料基板替代现有的玻璃面板，实现了软屏显示，柔软的 OLED 显示屏批量生产后还可望进入电子纸市场，另外白光 OLED 可能在未来成为新型平面光源。

2001 年，Sony 和三星公司分别研制成功 13 英寸和 15.1 英寸有源有机发光显示屏；2002 年，17 英寸 TFT OLED 样机由日本东芝公司研制成功；2003 年，日本索尼更推出了 24 英寸 TFT OLED 样品；2004 年 5 月，爱普生公司推出了 40 英寸采用喷墨技术制备的高分子 OLED 显示器，并预计 2007 年将可以提供产品。

OLED 目前存在的主要问题

OLED 虽然已有了长足进展并已给平板显示领域带来新的曙光，业界已经不再怀疑 OLED 的光明前景。但同传统显示器产业不同的是，OLED 技术仍然处在发展期，主要表现在两个方面：一是 OLED 仍有很多关键技术处于空白状态，无法最大程度发挥出 OLED 的技术特点和优势；二是不论是产品开发还是产业化技术，仍没有完全成熟标准的方案，OLED 设备已经能够满足大规模生产要求，但还没有标准化，设备厂家对 OLED 生产技术的了解远不如拥有长期研发和中试生产经验的 OLED 业者。借鉴目前全球 OLED 厂商发展的经验，一些业者在技术积累不充分的情况下直接进行大规模生产，不得不在大生产线上进行本应在中试线上进行的技术积累，造成了资金、设备、人力和时间的浪费。

有机功能材料仍是 OLED 最主要的制约因素，OLED 三基色发光材料的发展很不平衡，绿光材料发展最快，已满足实用化需要。相比之下，红光材料的量子效率较低，色饱和度较差。蓝光材料的问题最大，不仅量子效率偏低，稳定性也是大问题，目前蓝光材料的稳定性刚刚达到几千小时，仅能满足部分领域的应用。

能否以较低的成本制作彩色显示器件，关系到 OLED 的应用范围能否迅速扩展。目前的彩色化方案主要有“RGB 三色发光法”、以蓝光材料为基础的“色变换法”和以白光发光层搭配彩色滤光片的“白光法”等，三种方案各有其优缺点，如何获得大批量、高成品率、低成本、长寿命的彩色 OLED 产品，已成为全球性的研究重点。目前 RGB 三基色法为实现彩色的主要方式，蓝光+CCM 法、白光+CF 法是非常有发展潜力的技术发展方向。同时材料的寿命和发光材料亮度衰减的一致性也是突破彩色化需要解决的问题。

由于 OLED 中的有机功能层对水、氧非常敏感，OLED 对封装工艺的要求要比 LCD 严格得多。封装工艺是目前影响 OLED 产品寿命的最主要因素之一，同时封装设备也是非常关键的因素，OLED 的封装工艺和封装设备都有很大的发展余地。

显示效果除了与屏的质量有关外，与模块驱动技术也有关系。目前，单色、多色驱动 IC 已经比较成熟，但款式有限，一般只有通用的几款；彩色驱动 IC 难度较大，仍需要改进。我国内地还没有能设计 OLED 专用 IC 的公司，国际上实力比较强的是美国的 Clair 公司和我国香港的 Solomon 公司，韩国和我国台湾省也有多家公司在从事 OLED 专用 IC 的设计工作。

制膜技术是制备 OLED 的核心工艺，为了解决制膜成本和制膜速度的问题，人们提出了喷墨法和印刷法等技术。喷墨法是剑桥显示技术公司（CDT）和精工爱普生的专利技术。以往喷墨法和印刷法仅限于高分子材料制膜，但因为小分子器件在实用化和性能方面更成熟，已有单位开始研究可溶性小分子制膜工艺。

目前，全球已经量产的 OLED 生产线已有十几条，但没有一条解决了 OLED 大规模生产所面临的全部问题。随着 OLED 产业化的临近，OLED 设备也将成为颇有前途的产业，在这方面我国还比较落后，也是很需要关注的。

OLED 未来之路

OLED 产业处于飞速发展阶段，2003 年被业界称为 OLED 产业化元年，其特征在于多家公司进入量产阶段，产品种类显著增多，OLED 产品逐渐被下游厂家所认可，上下游产业链逐渐配套，产业上游原材料和设备逐渐成熟，而下游需求量明显加大，出现了严重的供不应求。

在未来一段时期内，OLED 厂商间的产品规模和成本竞争不会太明显，而是处于共同开拓市场的阶段，市场上主要表现是供不应求和 OLED 与 LCD 等传统显示器之间的竞争。相对而言，OLED 厂商和研究单位直接的竞争主要表现在技术开发方面，知识产权的布局、新材料、新器件结构、新工艺和后备技术的创新和应用能力将成为胜出的关键。